



TUGAS AKHIR - SF141501

# RANCANG BANGUN *ELECTROSPINNING* DENGAN PENGEMBANGAN POMPA SYRINGE DAN PEMANFAATAN *HIGH VOLTAGE DC*

ADITYA MUHAMMAD WICAKSONO  
NRP 01111240000088

Dosen Pembimbing

Diky Anggoro, M.Si

Drs. Bachtera Indarto, M.Si

Departemen Fisika

Fakultas Ilmu Alam

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - SF141501

# **RANCANG BANGUN *ELECTROSPINNING* DENGAN PENGEMBANGAN POMPA SYRINGE DAN PEMANFAATAN *HIGH VOLTAGE DC***

**ADITYA MUHAMMAD WICAKSONO**  
**NRP 01111240000088**

**Dosen Pembimbing**

**Diky Anggoro, M.Si**

**Drs. Bachtera Indarto, M.Si**

**Departemen Fisika**

**Fakultas Ilmu Alam**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**



FINAL PROJECT - SF 141501

***DESIGN OF ELECTROSPINNING WITH THE  
DEVELOPMENT OF SYRINGE PUMP AND  
DC HIGH VOLTAGE UTILIZATION***

Aditya Muhammad Wicaksono

NRP 01111240000088

Advisor

Diky Anggoro, M.Si

Drs. Bachtera Indarto, M.Si

Department of Physics  
Faculty of Natural Science

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya 2017

## LEMBAR PENGESAHAN

### RANCANG BANGUN *ELECTROSPINNING* DENGAN PENGEMBANGAN POMPA SYRINGE DAN PEMANFAATAN *HIGH VOLTAGE DC*

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains pada  
Bidang Studi Fisika Instrumentasi  
Program Studi S-1 Jurusan Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Aditya Muhammad Wicaksono

NRP. 01111240000088

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Diky Anggoro, M.Si)

(Drs. Bachtera Indarto, M.Si)

NIP.19850809 2014041 003

NIP.19610404 199102.1.001



Surabaya, 18 Desember 2017

# **RANCANG BANGUN ELECTROSPINNING DENGAN PENGEMBANGAN POMPA SYRINGE DAN PEMANFAATAN DC HIGH VOLTAGE**

**Nama** : Aditya Muhammad Wicaksono  
**NRP** : 01111340000088  
**Jurusan** : Fisika FIA-ITS  
**Dosen Pembimbing** : 1. Diky Anggoro, M.Si.  
2. Drs. Bachtera Indarto, M.Si

## **ABSTRAK**

*Electrospinning* telah menjadi suatu teknologi fabrikasi nanofiber yang sederhana dan efektif. Dengan kemampuannya yang dapat menghasilkan ukuran material yang berada pada orde sub-mikro, maka teknologi tersebut dapat membuka banyak kemungkinan untuk dilakukan pengembangan pada banyak area. Namun, kendala umum yang sering dihadapi dalam produksi nanofiber menggunakan *electrospinning* adalah ketidakstabilan hasil yang didapat akibat dari gerakan osilasi jet polimer. Selain itu, pada *electrospinning* dibutuhkan sumber tegangan yang tinggi karena hal tersebut berpengaruh pada pembangkitan medan elektrostatis. Sehingga akan dibutuhkan suatu tegangan tinggi DC untuk rancang bangun sebuah *electrospinning*. Pembentukan fiber yang kurang terkondisikan seperti ini yang menjadi penghalang dalam upaya implementasi *electrospinning* dalam dunia industri. Disini kami akan melakukan rancang bangun *electrospinning* dengan pengembangan pompa syringe dan power supply *High Voltage DC*. Tujuan utama dari penelitian ini adalah pembuatan mesin *electrospinning* yang mampu memenuhi sejumlah parameter, yaitu pengembangan laju penyemprotan pada pompa syringe untuk mendapatkan hasil terbaik dan pengembangan besarnya *High Voltage DC* yang digunakan dalam kiloVolt (kV).

Kata Kunci : *Electrospinning*, *High Voltage DC*, Nanofiber,  
Pompa Syringe

# **DESIGN OF ELECTROSPINNING WITH THE DEVELOPMENT OF SYRINGE PUMP AND DC HIGH VOLTAGE UTILIZATION**

**Name : Aditya Muhammad Wicaksono**

**NRP : 01111240000088**

**Department: Physics FIA-ITS**

**Advisor : 1. Diky Anggoro, M.Si  
2. Drs. Bachtera Indarto, M.Si**

## **ABSTRACT**

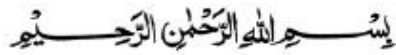
*Electrospinning provides a simple and versatile method to produces nanofiber. With their abilities to obtain sub-micron materials, it has leads to many options for development in many areas, such as conductive nanofiber, nanofilter, biomaterial polymer, etc. However, the most common obstacle in nanofiber production is the unstable results due to the polymer jet movement. In addition, a high voltage power supply is needed to obtain the electrostate field generation. Hence a DC high voltage need to be constructed formerly. This study present a designing of the electrospinning with the development of DC high voltage and syringe pump. The main purpose of this study is to construct an electrospinning apparatus which will fulfill several parameters, which are the development of the flow rate in pompa syringe, and the development of the DC high voltage in (kV).*

*Keyword: Electrospinning, DC High Voltage, Nanofiber, Syringe pump*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat-Nya dan petunjuk-Nya atas nikmat iman, islam, dan ikhsan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Rancang Bangun *Electrospinning* dengan Pengembangan Pompa Syringe dan Pemanfaatan *High Voltage DC*” dengan optimal dan tepat waktu. Tugas Akhir (TA) ini penulis susun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Atas bantuan, dorongan, dan juga bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan baik. Sehubungan dengan hal tersebut, maka penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

Ibu dan ayah, serta seluruh anggota keluarga saya yang telah memberikan semua hal terbaik bagi penulis sejak kecil hingga sampai saat ini.

Bapak Diky Anggoro, M.Si dan Bapak Drs. Bachtera Indarto, M.Si selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membagi pengalaman serta memberikan pengarahan selama proses penelitian dan penyusunan laporan.

Penghuni Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi khususnya Badri, Asrofi, Bkti, Tito, Taufik, Udin, Rozaq, mas Samsul, mas Yaka, Lutfi, dan Ilma yang telah membantu, memberikan saran, serta bersedia memberikan waktu dan tenaganya dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Teman - teman Kelompok Pelindung Menyanggong saya sejak lahir, Adi, Shofi, Zainal, A'an, Hendra, Wendy, Yosa, Yanu, Naufal, Irfan, Firman, Rofi, Aris, Arif, Yusuf, Adam, yang telah mengajari saya bagaimana cara mensyukuri hidup dalam setiap keadaan. Kemudian kepada rekan saya Arnis, Enok, Mishel, Dyah, dan Bogiva yang memberikan semangat dan pengingat saat saya terlalu jauh beranjak. Teman-teman Fisika ITS 2012 MESON, Kartar Tunas Bangsa Kletek, dan teman -teman yang telah memberi dukungan, saran, dan do'a selama ini. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Tidak lupa saya juga mengucapkan terimakasih kepada Adinda sebagaimana padi kepada air hujannya.

Penulis menyadari akan adanya kekurangan dalam penulisan laporan ini karena keterbatasan wawasan dan pengetahuan. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar lebih baik di masa yang akan datang. Semoga laporan penelitian Tugas Akhir ini dapat berguna dan dimanfaatkan dengan baik sebagai referensi bagi yang membutuhkan serta menjadi sarana pengembangan kemampuan ilmiah bagi semua pihak yang bergerak dalam bidang Fisika Instrumentasi dan Elektronika. Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, 18 Desember 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b><i>PAGE TITLE</i>.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b><i>ABSTRACT</i>.....</b>	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
1.5 MANFAAT PENELITIAN.....	3
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
<b>BAB II.....</b>	<b>5</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 SEJARAH PERKEMBANGAN <i>ELECTROSPINNING</i> .....	5
2.2 <i>HIGH VOLTAGE</i> DC.....	6
2.3 PRINSIP ELEKTROSTATIS.....	9
2.4 POMPA SYRINGE.....	9
2.5 MODUL ARDUINO PRO MINI.....	11
2.6 PRINSIP KERJA ELECTROSPINNING.....	13
2.7 MOTOR STEPPER.....	16
2.8 PENGATURAN POMPA SYRINGE.....	17

<b>BAB III.....</b>	<b>23</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>23</b>
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	23
3.2 ALAT DAN BAHAN.....	24
3.3 RANCANG BANGUN <i>ELECTROSPINNING</i> .....	27
3.4 RANCANG BANGUN POMPA SYRINGE.....	28
3.5 <i>HIGH VOLTAGE</i> DC .....	29
3.6 PENGAMBILAN DATA <i>HIGH VOLTAGE</i> DC.....	30
<b>BAB IV.....</b>	<b>33</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>33</b>
4.1 KALIBRASI JARAK PENDORONG POMPA SYRINGE.....	33
4.2 KALIBRASI <i>FLOWRATE</i> .....	34
4.3 KALIBRASI <i>HIGH VOLTAGE</i> DC.....	37
<b>BAB V.....</b>	<b>39</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>39</b>
5.1 KESIMPULAN.....	39
5.2 SARAN.....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>41</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>43</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>63</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Rangkaian <i>Transformer Step Up</i> .....	8
<b>Gambar 2.2</b>	Pompa Syringe.....	10
<b>Gambar 2.3</b>	Arduino Pro Mini.....	12
<b>Gambar 2.4</b>	Skema Alat <i>Electrospinning</i> .....	14
<b>Gambar 2.5</b>	Proses Terjadinya <i>Taylor Cone</i> .....	15
<b>Gambar 2.6</b>	Prinsip Dasar Motor Stepper.....	16
<b>Gambar 2.7</b>	Pitch pada Besi Ulir.....	18
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian.....	23
<b>Gambar 3.2</b>	High Voltage DC.....	24
<b>Gambar 3.3</b>	Motor Stepper.....	25
<b>Gambar 3.4</b>	Driver A4988.....	26
<b>Gambar 3.5</b>	Arduino Pro Mini.....	26
<b>Gambar 3.6</b>	Desain Rancang Bangun <i>Electrospinning</i> .....	27
<b>Gambar 3.7</b>	Desain Rancang Bangun Pompa Syringe.....	28
<b>Gambar 3.8</b>	Rangkaian Motor Stepper Pompa Syringe .....	29
<b>Gambar 3.9</b>	Rangkaian Pemanfaatan <i>High Voltage</i> DC.....	30
<b>Gambar 3.10</b>	Rangkaian Pengukuran HV DC.....	30
<b>Gambar 4.1</b>	Grafik Kalibrasi Jarak .....	33
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik Kalibrasi <i>Flowrate</i> (ml/jam).....	35
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik Kalibrasi <i>Flowrate</i> (ul/jam).....	36
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik Pengambilan Data HV DC.....	37

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Spesifikasi Arduino Pro Mini.....	13
<b>Tabel 2.1</b> Tabel Ulir ISO Metrik Normal.....	19

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

*Electrospinning* adalah salah satu metode untuk menghasilkan serat berorde nanometer atau sering disebut juga nanofiber. *Electrospinning* telah menjadi salah satu teknologi fabrikasi nanofiber yang sederhana dan efektif. Metode ini telah dikenal luas di kalangan peneliti maupun industri. Teknologi *electrospinning* memiliki proses yang relatif cepat serta parameter eksperimen yang terdapat di dalamnya dapat dikontrol secara mudah. Hal tersebut menjadi keunggulan dari metode ini. Dengan kemampuannya yang dapat menghasilkan ukuran material yang berada pada orde sub-mikro, maka teknologi tersebut dapat membuka banyak kemungkinan untuk dilakukan pengembangan pada banyak area, seperti produksi nanofiber konduktif, nanofilter, polimer biomaterial, dan banyak hal lainnya. Ini adalah salah satu metode yang paling menjanjikan dalam pembuatan serat nanofiber yang berasal dari larutan polimer.

Seiring dengan perkembangan teknologi metode pemintalan elektrik, kebutuhan akan serat yang berorde mikron hingga nanometer juga meningkat. Dalam pemanfaatan teknologi *electrospinning* sendiri dibutuhkan optimasi agar didapatkan metode terbaik untuk mendapatkan hasil produksi yang paling optimal. Oleh karena itu, optimasi parameter pemintalan elektrik tersebut perlu dilakukan. Optimasi dapat dilakukan baik melalui eksperimen maupun teori. Dalam kerangka teoretis misalnya, optimasi dapat dilakukan dengan metode numerik maupun stokastik seperti algoritma genetika sebagai salah satu metode optimasi stokastik banyak digunakan dalam berbagai persoalan

optimasi kompleks. Selain dalam kerangka teoritis, dapat pula dilakukan pendekatan secara eksperimen dengan melakukan rancang bangun *electrospinning* yang memiliki beberapa aspek parameter ilmiah yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan produksi. Parameter ini nantinya akan diatur dan ditinjau ulang untuk mendapatkan kondisi ideal dalam pelaksanaan fabrikasi.

Namun, rintangan umum yang sering dihadapi dalam produksi nanofiber menggunakan *electrospinning* adalah ketidakstabilan hasil yang didapat akibat dari gerakan osilasi jet polimer. Apabila dalam pembentukan fiber terdapat kondisi yang kurang terkondisikan seperti ini maka akan menjadi penghalang dalam upaya implementasi *electrospinning* dalam dunia industri. Selain itu, pada proses *electrospinning* sendiri dibutuhkan sumber tegangan yang tinggi karena hal tersebut berpengaruh pada pembangkitan medan elektrostatis. Untuk itu diperlukan adanya suatu catu daya tegangan tinggi untuk rancang bangun sebuah *electrospinning*. Pada penelitian ini akan dilakukan rancang bangun *electrospinning* dengan pengembangan pada pompa syringe dan pemanfaatan *High Voltage DC (HV DC)*. Tujuan utama dari penelitian ini adalah pembuatan mesin *electrospinning* yang mampu memenuhi sejumlah parameter, yaitu pengembangan laju penyemprotan pada pompa syringe untuk mendapatkan hasil terbaik dan pengembangan besarnya *HV DC* yang digunakan dalam orde kiloVolt (kV).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah cara pembuatan rancang bangun *electrospinning*?

2. Bagaimanakah cara membuat sistem tampilan *High Voltage DC* pada LCD?
3. Bagaimanakah cara membuat kontrol kecepatan dan arah putar pada sebuah motor stepper dalam pengaturan pompa syringe?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk merancang bangun alat *electrospinning* yang dapat digunakan untuk membuat nanofiber.
2. Untuk memperoleh sistem tampilan besar tegangan *High Voltage DC* pada LCD.
3. Untuk memperoleh sistem kontrol kecepatan dan arah gerak pada motor stepper dalam pengaturan pompa syringe.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. *High Voltage DC* yang digunakan antara 1 kV sampai dengan 60 kV.
2. Pengaturan *Flowrate* pada pompa syringe yang digunakan berkisar antara 1  $\mu$ L/jam sampai 10 mL/jam

### 1.5 Manfaat Penelitian

Dapat menghasilkan sebuah alat *electrospinning* yang dapat digunakan untuk fabrikasi nanofiber dengan pengembangan pompa syringe dan pemanfaatan *High Voltage DC*.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. BabI - Pendahuluan, berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan penelitian.
2. BabII – Tinjauan Pustaka, berisi uraian mengenai teori yang mendukung analisis.
3. BabIII – Metodologi Penelitian, berisi alat dan bahan, data penelitian, serta uraian mengenai metode - metode dan tahapan - tahapan yang dilakukan selama penelitian.
4. BabIV– Analisis Data dan Pembahasan, menjelaskan tentang hasil - hasil yang didapat dari pengerjaan pada penelitian ini.
5. BabV – Kesimpulan dan Saran, berisi uraian mengenai kesimpulan dari hasil analisis data dan pembahasan serta saran - saran yang digunakan untuk mendukung penelitian selanjutnya.
6. Lampiran, berisi data – data yang digunakan dalam penelitian beserta beberapa gambar yang menunjang penelitian ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sejarah Perkembangan *Electrospinning***

Teknologi listrik pertama kali ditemukan pada tahun 600 SM, dimana seorang Filsuf dari Yunani bernama Thales dari Miletus menemukan bahwa bulu - bulu dan partikel ringan lainnya akan terangkat secara ajaib dari tanah saat diletakkan di dekat bahan khusus yang telah digosok dengan kain. Material ini pada masanya disebut *amber*, sebuah resin pohon purba yang menjadi fosil. Material ini terbentuk melalui proses polimerisasi alami pada senyawa organik asli. Terjemahan bahasa Yunani untuk *amber* adalah *electron*, dan ribuan tahun kemudian dunia berubah bersama dengan perkembangan penemuan tersebut. (Tucker, Nick, 2012)

Penemuan pertama tentang efek listrik pada zat cair terjadi 2200 tahun setelah Thales dari Miletus pertama kali menemukan efek elektrostatis. Pada tahun 1600 M William Gilbert melakukan observasi pada sebuah tetesan air yang awalnya berbentuk bulatan, kemudian sedemikian rupa dapat ditarik menjadi berbentuk kerucut saat sebuah material amber bermuatan diletakkan di atasnya. (Spurny, K., 1998)

Pada awal 1900-an beberapa percobaan dilakukan untuk mempelajari perilaku pada tetesan material yang dipengaruhi oleh medan listrik. Contohnya seperti percobaan Zeleny pada tahun 1917, Vonnegut dan Neubauer pada 1952, serta Magarvey dan Outhouse pada tahun 1962, sementara paten pertama tentang produksi serat polimer secara elektrostatis pada tahun 1934 diberikan kepada ilmuwan bernama Anton Formal. Pada masanya tidak banyak perhatian yang diberikan kepada fenomena elektrostatis di bidang keilmiah, sampai akhirnya seorang Ilmuwan Inggris bernama Sir Geoffrey Taylor mulai menyelidiki tentang fenomena yang terjadi ketika sebuah medan listrik dikenakan pada sebuah cairan. Studi tersebut dikemukakan dalam sebuah makalah terkenal yang ditulis olehnya.

Taylor menemukan sebuah kondisi setimbang dimana saat sebuah tetesan zat cair konduktor terpapar medan listrik. Kondisi setimbang tersebut menyebabkan cairan tersebut berbentuk kerucut dengan sebuah sudut semi-vertikal tertentu sebesar  $49.3^\circ$  atau sudut puncaknya sebesar  $98.6^\circ$ . bentuk kerucut ini kemudian diberi nama Taylor Cone. (Borra, 1999)

Sejak saat itu telah banyak penelitian yang dilakukan pada efek atomisasi elektrodinamis, atau biasa disebut juga *electrospinning*. *Electrospinning* akan terjadi pada puncak Taylor Cone dimana tetesan berukuran nano dan berukuran mikro akan dilepaskan dari titik puncak kerucut yang terbentuk dari larutan dengan viskositas rendah seperti air atau alkohol. (Dulcks, 1999)

## **2.2 High Voltage DC**

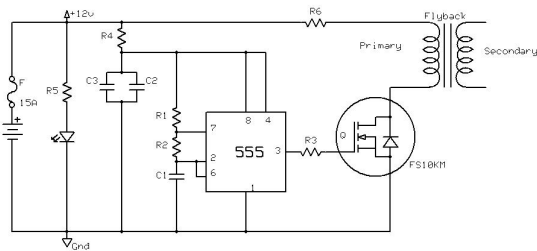
*High Voltage DC (HV DC)* adalah sebuah peralatan elektronika yang berfungsi sebagai penyedia daya (tegangan dan arus) yang dapat disalurkan untuk peralatan lainnya. Prinsip yang digunakan disini adalah tegangan listrik yang tersedia dari jaringan jala-jala diubah ke nilai yang dibutuhkan oleh beban. Pada dasarnya *HV DC* merupakan piranti elektronik yang memiliki sifat sebagai pengubah (*altering*), pengendalian (*controlling*), atau pengaturan (*regulating*) daya listrik. Yang dimaksud dengan pengubah disini adalah bahwa *HV DC* mampu mengubah nilai tegangan sumber yang lebih besar menjadi nilai tegangan yang sesuai dengan kebutuhan beban. Sedangkan pada aspek pengendalian adalah bahwa catu daya mampu melakukan pengendalian apabila nilai tegangan keluaran *HV DC* nantinya tidak sesuai dengan kebutuhan beban. Pengaturan artinya catu daya mampu melakukan pengaturan dari tegangan sumber sehingga tegangan keluaran yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan beban dan konstan. Selain itu pada prinsipnya *HV DC* mempunyai empat fungsi yaitu sebagai penurun tegangan,

penyearah, penyaringan (filter) dan penstabil. Pada sifat penurun tegangan, catu daya memiliki transformator yang dapat digunakan sebagai penurun tegangan. Selain penurun tegangan catu daya juga memiliki sifat sebagai penyearah, yaitu digunakan untuk menyearahkan gelombang bolak-balik (AC) yang berasal dari jaringan jala-jala yang sebelumnya telah diturunkan nilai tegangannya menjadi gelombang searah (DC). Setelah disearahkan maka tahap selanjutnya adalah perlu adanya suatu penyaring atau pemfilter, sehingga catu daya juga bersifat penyaring. (ORTEC, 1991)

Penerapan *HV DC* dapat kita temui dalam bidang fisika terapan. Diantaranya dalam bidang nuklir yaitu dimanfaatkan pada teknologi mikroskop elektron., selain itu juga digunakan untuk x-ray pada dunia medis, dan beberapa pemanfaatan di bidang peralatan industri. Contoh pengaplikasiannya dalam bidang industri yaitu seperti teknologi penyaringan gas buang di pembangkit listrik, pengecatan elektrostatis, dan pelapisan serbuk. Hal ini menunjukkan bahwa *HV DC* memang sangat dibutuhkan seiring dengan perkembangan zaman. Hal ini karena kemampuannya menghasilkan tingkat tegangan dan arusnya yang besar. Salah satu pengaplikasiannya adalah untuk teknologi *electrospinning*. Tingkat besaran dan kestabilan dari *HV DC* akan berbeda pada pengaplikasian yang satu dengan lainnya. Hal tersebut akan menjadi salah satu faktor penting apabila akan dilakukan rancang bangun sebuah *HV DC*. (ORTEC, 1991)

Adapun prinsip yang biasa digunakan untuk mendapatkan tegangan tinggi pada *HV DC* adalah dengan menggunakan transformator. Pada prinsip transformator sebagai pelipat tegangan akan dapat dilakukan secara bertingkat. Sedangkan pada rangkaian *HV DC* yang digunakan pada *electrospinning*, salah satu hal yang harus diperhatikan adalah kemampuan *HV DC*

untuk dapat diatur besar tegangan keluarannya sesuai yang akan digunakan. Gambar 2.1 merupakan rangkaian HV DC pada *electrospinning* akan memanfaatkan NE555 *astable*. (Tanuri, 2010)



**Gambar 2.1** Rangkaian *Transformer Step Up* Berbasis Driver NE555

Gambar 2.1 merupakan rangkaian *transformer step up* dengan NE555 dan mosfet. Mosfet inilah yang akan mengatur lebar pulsa yang akan dikirim pada *transformer step up*. Pengaturan tersebut dapat dilakukan oleh pengguna dengan memanfaatkan potensiometer stereo yang akan dibaca oleh ADC dan ditampilkan oleh LCD.

Untuk mengetahui keseksamaan hasil keluaran dari sebuah catu daya bertegangan tinggi akan digunakan probe HV. Probe tersebut memiliki prinsip pembagi tegangan, sehingga meskipun pengukuran tegangan dilakukan menggunakan multimeter yang range pengukuran tegangannya tidak mencapai satuan kilo Volt hal tersebut akan tetap dapat terlaksana. Hal ini karena probe HV akan membagi tegangan dan membuat pembacaan dari multimeter akan diperkecil menjadi sekian persennya saja tergantung dengan besar resistansi pada probe yang digunakan. (Tanuri, 2010)



### 2.3 Elektrostatik

Pada prinsip dasarnya elektrospinning adalah suatu proses induksi muatan elektrostatik pada molekul larutan. Proses induksi ini berada pada suatu nilai densitas tertentu yang nantinya akan menyebabkan larutan akan meregang menjadi serat – serat fiber akibat muatan yang saling tolak menolak saat berada pada medan listrik. Serat fiber yang dihasilkan nantinya akan berupa sebuah helaian tunggal hasil peregangan larutan yang terjadi akibat penguapan pada bahan pelarut. Saat sumber tegangan tinggi disalurkan pada larutan, arus akan mendistribusi muatan untuk menyebar pada seluruh molekul. Saat larutan telah dikeluarkan menuju ujung pemintal, sebagian besar arus akan menjadi arus konfeksi. Muatan – muatan akan disalurkan dari ujung *electrospinning* menuju endapan fiber yang terbentuk. Arus kemudian akan berhenti beresilasi ketika endapan yang terbentuk telah berada pada keadaan stabil. Muatan listrik yang digunakan pada *electrospinning* dapat berupa positif, negatif, maupun arus bolak – balik. Namun pada kenyataannya percobaan elektrospinning biasanya menggunakan tegangan positif, karena pada percobaan lainnya telah ditemukan bahwa tegangan negatif akan memproduksi nanofiber dengan distribusi diameter yang lebih sempit. Hal ini dapat dijelaskan dengan kenyataan bahwa elektron dapat terdistribusi lebih cepat dan lebih teratur daripada proton yang memiliki massa lebih besar. (Baumgarten, P.K., 1971)

### 2.4 Pompa Syringe

Pada rancang bangun *electrospinning* secara umum, sebuah sumber tegangan tinggi akan disambungkan pada sebuah jarum logam, yang terhubung pada sebuah tabung penampung larutan. Jarum logam ini memiliki lubang keluaran yang relatif kecil sehingga dapat memusatkan densitas muatan elektrik pada titik tetesan larutannya. Selain itu juga digunakan tabung berporos pada *electrospinning*, sehingga dapat dimungkinkan

untuk melakukan induksi muatan pada tetesan larutan tanpa harus ada kontak secara langsung. Model teoritis dari larutan dielektrik kental yang diberi tegangan kritis telah menunjukkan bahwa ia akan menjadi tidak stabil saat berada dalam medan listrik, hal tersebut dikarenakan tegangan permukaannya tidak lagi dapat mempertahankan kesetimbangan kondisi statisnya. (Doshi, J. dan Reneker, D.H., 1993)

Komponen yang menampung dan mendorong larutan disini sering dikenal dengan nama pompa syringe, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Pada dunia medis sendiri pompa syringe sering digunakan untuk menyuntikkan cairan obat ke dalam tubuh pasien secara teratur.



**Gambar 2.2** Pompa Syringe (Akhsanur, 2010)

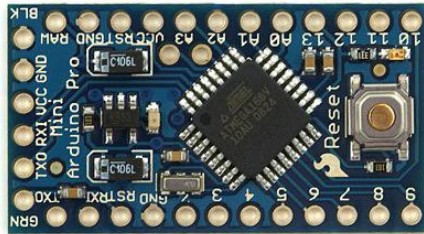
Gambar 2.2 merupakan bentuk pompa syringe konvensional yang banyak diproduksi untuk keperluan medis. Alat tersebut memiliki set input berupa nilai *flowrate* cairan yang ingin dikeluarkan. Pada komponennya terdapat *sprit* atau tabung suntikan tempat menampung larutan yang akan diproses. Karena ada banyak sekali jenis *sprit* dengan diameter dan volume tampung yang berbeda maka pompa syringe harus dikalibrasikan terlebih dahulu dengan memasukkan nilai - nilai karakteristik dari *sprit* yang digunakan. Selain itu juga ada aktuator

pendorong yang akan memberikan kecepatan dorongan yang sesuai dengan *flowrate* yang dikehendaki. Aktuator pendorong pada pompa syringe memanfaatkan motor stepper. (Doshi, J. dan Reneker, D.H., 1993)

Pemanfaatannya dalam proses *electrospinning* adalah sebagai penampung dan pemberi tekanan pada larutan agar dapat keluar dari *nozzle* secara teratur. Keunggulannya adalah dapat memberikan *flowrate* dalam orde mikroliter per jam, serta kecepatan dorongan yang dihasilkan juga stabil. *Flowrate* yang rendah dan stabil memang penting dalam proses *electrospinning*, karena saat cairan keluar dari *nozzle* akan terjadi distribusi dan penguapan yang optimal pada larutan yang digunakan. Sebaliknya, apabila *flowrate* yang digunakan tinggi maka semakin banyak cairan yang keluar tiap satuan waktunya. Akibatnya akan terlalu banyak larutan yang terkumpul di satu titik pada kolektor. Pengumpulan larutan tersebut akan menyebabkan volume fiber yang terbentuk tidak optimal karena terlalu tebal, padahal tujuan utama dari teknologi ini adalah pembentukan fiber yang memiliki volume berorde nano. Karena itulah perancangan pompa syringe dalam upaya optimalisasi teknologi *electrospinning* perlu dilakukan agar dapat didapatkan tingkat *flowrate* yang kecil dan stabil. (Akhsanur, 2010)

## **2.5 Modul Arduino Pro Mini**

Arduino Pro Mini adalah salah satu perangkat keras yang diproduksi oleh Arduino, dengan ciri khasnya yaitu desain yang lebih kecil dan minimalis. Hardware Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Arduino Pro Mini (Arduino, 2017)

Gambar 2.3 menunjukkan penampang Arduino Pro Mini yang memiliki bentuk kecil. Karena bentuknya yang kecil maka pin digital dan analog yang dimilikinya tidak sebanyak seperti jenis Arduino konvensional lainnya seperti Arduino Uno, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1. Pemrograman modul Arduino Pro Mini menggunakan perangkat lunak Arduino. Disini sudah terdapat *bootloader* yang memungkinkan pengguna untuk mengunggah kode tanpa perlu menggunakan perangkat keras tambahan lainnya. (Arduino Pro Mini, 2017)

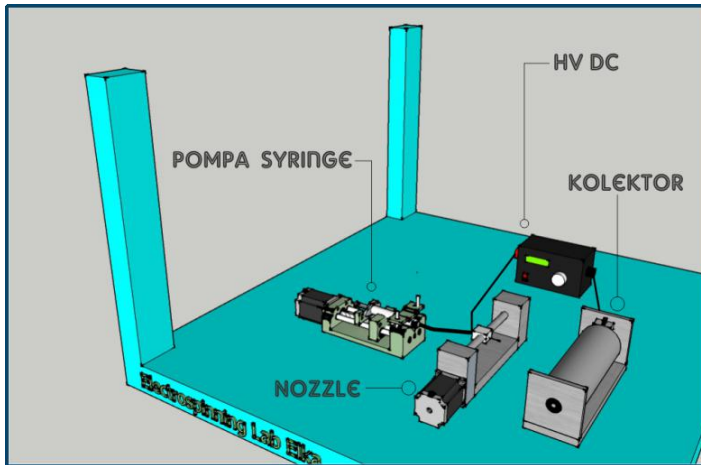
**Tabel 2.1** Spesifikasi Arduino Pro Mini (Arduino, 2017)

Chip Mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan operasi	3,3V atau 5V (tergantung model)
Digital I/O pin	14 buah, 6 PWM
Analog Input Pin	6 Buah
Arus DC per Pin I/O	40 mA
Memori Flash	32KB
Dimensi	33 mm x 18 mm
Berat	5 gr

Tabel 2.1 adalah spesifikasi umum yang dimiliki oleh Arduino Pro Mini, dimana terdapat lebih sedikit pin digital dan analog yang dimiliki oleh Arduino Pro Mini bila dibandingkan dengan jenis Arduino Uno. Beratnya yang hanya 5 gram serta dimensinya yang kecil membuat Arduino Pro Mini menjadi praktis dan tidak membutuhkan banyak tempat. (Arduino Pro Mini, 2017)

## 2.6 Prinsip Kerja *Electrospinning*

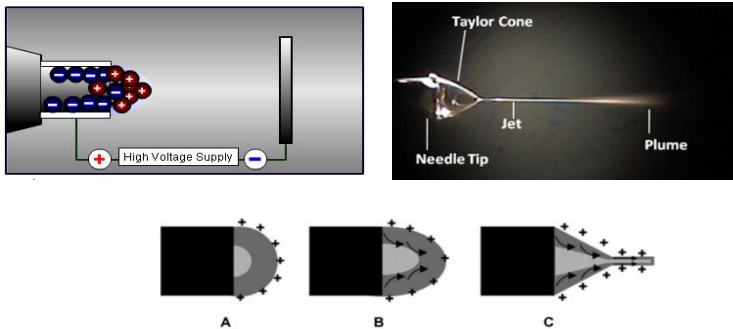
Teknologi *electrospinning* adalah salah satu metode untuk dapat memproduksi serat fiber dengan diameter berorde nanometer hingga mikrometer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Kondisi ini dapat tercapai dengan memanfaatkan sebuah larutan polimer tertentu sebagai bahan pembentuknya.



**Gambar 2.4** Skema alat *electrospinning*

Pada Gambar 2.4 merupakan skema alat *electrospinning*. Dapat dilihat bahwa sebuah mesin *electrospinning* pada umumnya memiliki tiga komponen utama yang harus dimiliki agar dapat melakukan kinerjanya dengan baik. Yaitu sebuah *High Voltage DC* (kV), kemudian pompa syringe dengan jarum logam (*nozzle*) pada ujungnya, serta sebuah kolektor yang digroundkan. Pompa syringe akan menampung dan mendorong larutan menuju ujung *nozzle*, sehingga larutan membentuk droplet pada ujung jarum. Sedangkan *HV DC* berperan dalam pembangkitan medan elektrostatis diantara *nozzle* dan kolektor. (Bhardwaj, Nandana, 2010)

Proses yang terjadi setelah pengaplikasian *HV DC* dapat dilihat pada Gambar 2.5. Ketika *HV DC* diberikan kepada larutan bahan yang akan dijadikan fiber, akibatnya akan terbentuk suatu bulatan tetes larutan (*droplet*) pada ujung jarum.

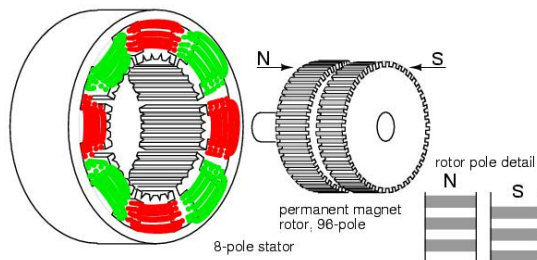


**Gambar 2.5** Proses Terjadinya *Taylor Cone* (Shi, Xiaomin, 2015)

Kemudian dapat Gambar 2.5 dapat dilihat proses terjadinya *taylor cone*. Hal tersebut karena adanya gaya tolak elektrostatis akan mempengaruhi tegangan permukaan pada fluida tersebut dan menyebabkan tetesan larutan yang awalnya berbentuk bulatan akan berubah menjadi tetesan berbentuk kerucut yang dikenal dengan nama *Taylor Cone*. Dan akibat dari gaya elektrostatis yang bekerja pada tegangan permukaan dari tetesan tersebut maka ia akan mulai menjadi suatu helaian jet polimer halus yang terpancar dari ujung *Taylor Cone* yang berada di ujung jarum. Interaksi yang terjadi antara medan listrik dan tegangan permukaan pada fluida tersebut menyebabkan pancaran yang terjadi akan meregang dan mengalami penguapan pada bahan pelarut yang diancarkan. Hal ini menyebabkan pancaran tersebut akan memanjang secara terus – menerus menjadi suatu filamen tipis dan panjang. Filamen inilah yang selanjutnya akan mengendap dan menempel pada kolektor, menghasilkan suatu fiber yang teratur. (Shi, Xiaomin, 2015)

## 2.7 Motor Stepper

Yang membedakan motor stepper dengan jenis motor lainnya misalnya pada motor AC dan motor DC salah satunya adalah dari segi putarannya. Motor stepper merupakan salah satu jenis motor DC yang tidak memiliki komutator. Pada desain umumnya motor stepper hanya mempunyai kumparan pada bagian stator, sedangkan pada bagian rotor dia menggunakan magnet permanen berbahan *ferromagnetic* yang dapat dilihat pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Prinsip Dasar Motor Stepper (Morar, A, 2015)

Gambar 2.6 merupakan prinsip dasar dari motor stepper yang memiliki stator dan rotor bergerigi. Akibat dari konstruksi inilah yang membuat motor stepper dapat diatur posisinya pada posisi tertentu dan/atau berputar ke arah yang diinginkan, apakah diputar searah jarum jam atau sebaliknya. Ada tiga jenis motor stepper, yang pertama adalah motor stepper Magnet Permanen, kemudian yang kedua adalah *Variable Reluctance*, serta yang ketiga adalah jenis *Hybrid*. Semua jenis tersebut memiliki fungsi dasar yang sama sebagai sebuah motor stepper, tetapi mempunyai perbedaan penting pada beberapa aplikasi. (Kilian, 2003)



Salah satu keunggulan dari motor stepper adalah kontrol posisinya yang presisi. Bahkan untuk mendapatkan posisi yang presisi dapat dilakukan pengendalian step dan arah rotasi motor tanpa diperlukan adanya *encoder*. Perbedaannya dengan motor DC lainnya adalah ia tidak memerlukan *encoder* karena ia dapat beroperasi dengan sistem loop terbuka. Terdapat dua lapis rotor sebagai kutub utara dan selatan. (Morar, A, 2015)

Motor stepper dapat berputar atau berotasi dengan sudut step yang bisa bervariasi tergantung motor yang digunakan. Ukuran step (*step size*) dapat berputar dengan sudut terkecil  $0,90^\circ$ . Selain itu keunggulannya adalah posisi putarannya relatif presisi dan stabil. Adanya variasi sudut step tersebut membuat motor stepper dapat lebih mudah untuk dikontrol. menggunakan sinyal digital secara langsung tanpa harus menggunakan rangkaian *closed-loop feedback* untuk memonitor posisinya. Karena itulah motor stepper banyak digunakan sebagai aktuator yang menerapkan rangkaian digital sebagai pengatur/driver, ataupun untuk *interfacing* ke piranti yang berbasis mikroprosesor/mikrokontroler. (Kleitz, William, 1997)

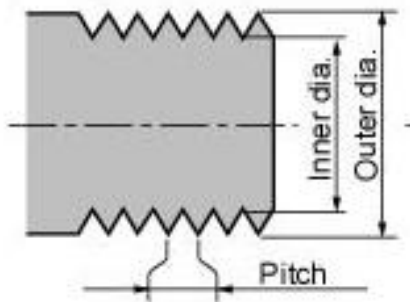
## 2.8 Pengaturan Pompa Syringe

Dalam pengaturan sistem pendorong *sput* pada pompa syringe digunakan motor stepper sebagai aktuatornya. Sedangkan program untuk memberikan perintah menggunakan Arduino. Driver yang digunakan adalah A4988 yang dapat memberikan faktor *microstepping* pada motor stepper yang digunakan. Sudut terkecil ( $\Theta$ ) yang dapat dilakukan sebuah motor stepper bervariasi tergantung tipenya. Ada yang  $0,90^\circ$ , ada pula yang  $1,80^\circ$ . Sedangkan faktor pergerakannya dipengaruhi oleh perputaran besi ulir. Pada dasarnya motor stepper hanya akan berputar sesuai dengan jumlah step yang diinginkan. Sehingga

untuk mendapatkan jumlah step untuk tiap centimeter pergerakan liniernya harus dilakukan konversi. Jumlah step ( $S_o$ ) yang harus dilakukan untuk tiap satu putaran adalah.

$$S_o = 360/\theta \quad 2.1$$

Jarak linier yang ditempuh tiap satu putaran akan ekuivalen dengan jarak pitch ( $p$ ), yaitu jarak antara ujung ulir satu dengan ujung ulir lain terdekat, seperti yang terlihat pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Pitch pada Besi Ulir (Polman, 2013)

Gambar 2.6 menunjukkan jarak dari dua ujung ulir terdekat yang disebut dengan *pitch*. Jarak tersebut akan menentukan seberapa jauh gerak translasi yang akan didapatkan tiap putaran besi ulir. Ukuran *pitch* berbeda - beda tergantung dari jenisnya, yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Tabel Ulir ISO Metrik Normal (Polman, 2013)

Diameter	Gang / pitch (mm)
M 1	0,25
M 1,2	0,25
M 1,6	0,35
M 2	0,4
M 2,5	0,45
M 3	0,5
M 4	0,7
M 5	0,8
M 6	1
M 8	1,25
M 10	1,5

Tabel 2.2 merupakan daftar ukuran *pitch* dari besi ulir. Maka apabila diinginkan pergerakan linier sebesar 1 cm, dibutuhkan jumlah putaran sebesar (N).

$$N = 1 / p(cm)$$

2.2

Sehingga diperoleh jumlah step (S) tiap 1 cm.adalah :

$$S = k \cdot S_0 \cdot N$$

$$S = (k \cdot 360) / (p\theta) \quad 2.3$$

Nilai  $k$  adalah faktor microstepping yang diberikan pada driver A4988. Besar *pitch* dapat diketahui dari jenis besi ulir yang digunakan. Besi ulir M8 memiliki besar *pitch* sebesar 0,125cm.

Setelah kontrol jarak maka dapat dilakukan kontrol pompa syringe yang memiliki input *flowrate*. Nilai *flowrate* akan bergantung pada nilai kecepatan linier. Untuk itu didefinisikan terlebih dahulu kecepatan linier pada motor stepper. Kecepatan motor stepper ditentukan oleh *delay* yang diberikan tiap step. Ada dua kali *delay* ( $d$ ) dalam tiap step, yaitu *delay high* dan *delay low*. Hal ini menunjukkan bahwa waktu ( $t_0$ ) yang dibutuhkan untuk melakukan satu step adalah dua kali *delay*.

$$t_0 = 2d \cdot 10^{-6} \quad 2.4$$

Nilai  $10^{-6}$  perlu dikalikan karena  $t$  berada dalam satuan sekon, dan  $d$  dalam mikrosekond. Sehingga didapatkan kecepatan ( $v$ ).

$$v\left(\frac{cm}{s}\right) = l / t \quad 2.5$$

$$v\left(\frac{step}{s}\right) = S / t \quad 2.6$$

Besaran  $l$  adalah panjang lintasan dalam cm, Sedangkan  $s$  adalah jumlah step tiap 1 cm. Sehingga *delay* tiap kecepatan  $v$  akan didapatkan.

$$d = 3600 \cdot S \cdot 10^6 / 2v \quad 2.7$$

Nilai 3600 perlu dikalikan karena *flowrate* berada dalam orde per jam. Selain itu diperlukan pula adanya konversi dari kecepatan linier pendorong menjadi *flow rate* dalam bentuk cm/jam. Untuk itu diperlukan konversi dari volume dalam ml menjadi satuan panjang. Dengan kata lain yaitu merubah bentuk dari berapa mililiter cairan yang ingin dikeluarkan menjadi seberapa jauh dorongan yang harus dilakukan oleh pompa syringe.

Hal tersebut ditentukan dari karakteristik *sput* yang digunakan. Pada *sput* sendiri terdapat bar penunjuk volume dalam ml. Satuan terkecil penunjuk volume tersebut adalah 1ml. Apabila diketahui jarak antara dua bar penunjuk terdekat (*w*) maka dapat diketahui berapa panjang dorongan yang harus diberikan untuk mengeluarkan 1ml cairan dalam satu satuan waktu yang sama. Dengan kata lain untuk mendapatkan nilai *flow rate* dapat digunakan rumus berikut.

$$flowrate(ml / jam) = v(cm / jam) \div w(cm) \quad 2.8$$

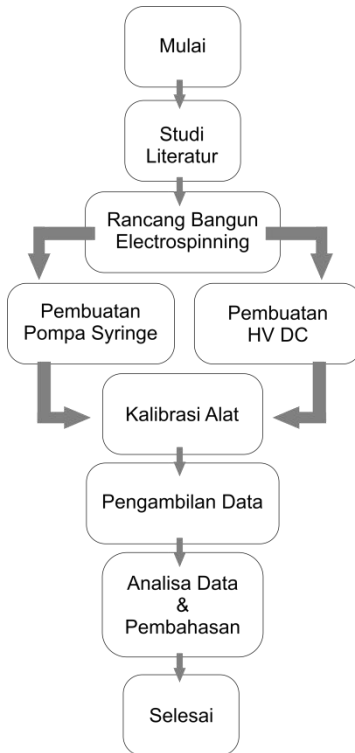
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Diagram Alir Penelitian**

Metodologi penelitian ini dibagi beberapa bagian, bagian pertama yaitu rancang bangun pompa syringe beserta pengontrol kecepatannya, bagian kedua adalah pemrograman nilai tegangan pada High Voltage DC yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa diagram alir dari tugas akhir yang dilakukan dimulai dari studi literatur dan dilanjutkan dengan rancang bangun kedua alat. Setelah itu alat akan dikalibrasi dan dilakukan pengambilan data yang nantinya akan dianalisa hasilnya.

### 3.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini alat dan bahan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

#### 3.2.1 *High Voltage DC*

*High Voltage DC (HV DC)* pada Gambar 3.2 adalah sumber tegangan tinggi yang digunakan pada electrospinning.



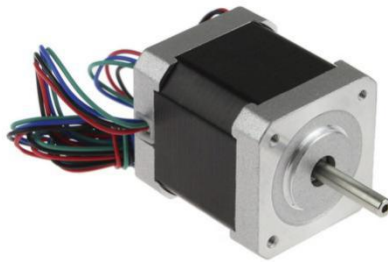
**Gambar 3.2** *High Voltage DC*

Gambar 3.2 merupakan *HV DC* yang merupakan sumber tegangan tinggi DC. Alat ini digunakan untuk membangkitkan medan elektrostatis dan merubah larutan polimer menjadi nanofiber.



### 3.2.2 Motor Stepper

Motor stepper yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 adalah salah satu jenis motor DC.

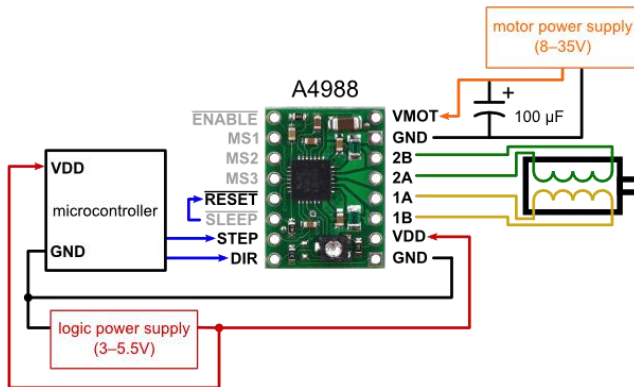


**Gambar 3.3** Motor Stepper

Motor stepper pada Gambar 3.3 adalah aktuator yang digunakan sebagai pemberi gaya tekan pada pompa syringe. Motor ini dikendalikan dengan pulsa-pulsa digital dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Akibatnya motor stepper akan bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor stepper tersebut.

### 3.2.3 Driver A4988

Driver A4988 pada Gambar 2.4 adalah driver yang digunakan untuk proses pengontrolan kontrol kecepatan dan arah putar motor stepper.

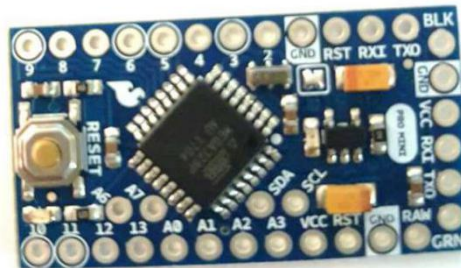


### Gambar 3.4 Driver A4988

Gambar 3.4 diatas merupakan skematik untuk driver A4988. Faktor *microstepping* akan diatur menjadi sebesar 1/16 dengan memberikan sinyal *high* pada MS1, MS2, dan MS3.

### 3.2.4 Arduino Pro Mini

Arduino Pro Mini yang dapat dilihat pada Gambar 3.5 merupakan suatu kit elektronik yang berfungsi sebagai pengendali sebuah rangkaian tertentu.

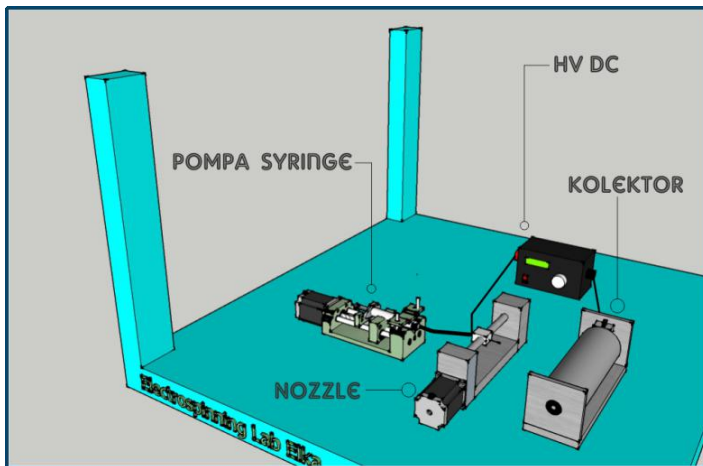


### Gambar 3.5 Arduino Pro Mini

Gambar 3.5 merupakan Arduino Pro Mini. Alat ini dapat menerima sinyal berupa analog maupun digital untuk kemudian diproses dan diterjemahkan menjadi suatu sinyal yang dapat diterima oleh sistem digital. Arduino pro mini dikendalikan oleh sebuah mikrokontroler ATMEGA328.

### 3.3 Rancang Bangun *Electrospinning*

Untuk merancang bangun *electrospinning* dibutuhkan empat komponen utama. Komponen tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.6.



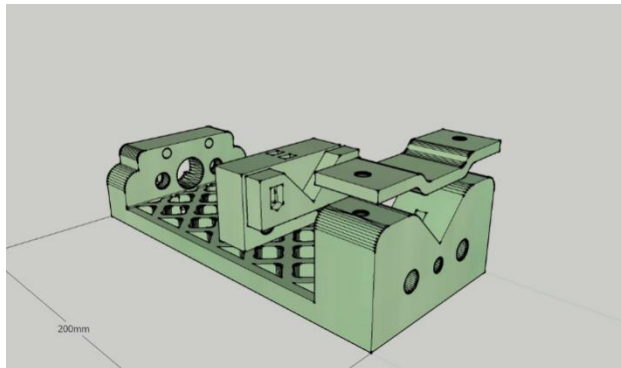
**Gambar 3.6** Desain Rancang Bangun *Electrospinning*

Pada Gambar 3.6 merupakan rancang bangun *electrospinning* yang dilakukan, dimana terdapat *HV DC* sebagai sumber tegangan tinggi DC, pompa syringe sebagai alat penampung dan pemberi tekanan pada cairan, *spinneret* sebagai penggerak *nozzle* secara linier ke kanan dan ke kiri, serta drum kolektor untuk tempat pengendapan nanofiber yang terbentuk.

Dalam penelitian ini alat yang akan dirancang bangun adalah bagian pompa syringe beserta pemanfaatan HV DC. Adapun dalam rancang bangun ini kerangka dasar yang digunakan adalah besi, dengan dimensi keseluruhan adalah 83cm x 80cm x 70cm.

### 3.4 Rancang Bangun Pompa Syringe

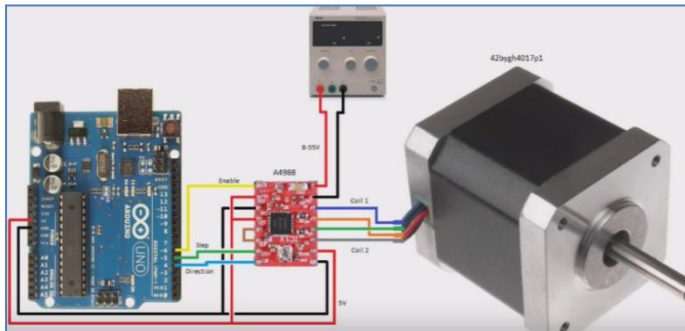
Pada perancangan pompa syringe, bahan yang digunakan adalah akrilik sebagai kerangka dari pompa syringe. Desain dari kerangkanya dapat dilihat pada Gambar 3.7.



**Gambar 3.7** Desain Rancang Bangun Pompa Syringe

Gambar 3.7 menunjukkan desain pompa syringe yang memiliki tebal akrilik 1cm, dengan dimensi keseluruhan alat adalah 20cm x 18cm x 7cm. Sedangkan untuk komponen lainnya adalah besi berulir beserta mur M8 sebagai acuan pergerakan dorongan pompa syringe. Untuk menjaga agar gerakan tetap stabil dan sejajar digunakan *linear motion shaft* dan *bearing ball*. Selain itu dibutuhkan sebuah *coupling* untuk menggabungkan antara motor stepper dengan besi berulir.

Untuk rangkaiannya akan digunakan driver A4988 beserta *push button* sebagai input kontrol *flowrate*. Rangkaian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.8.

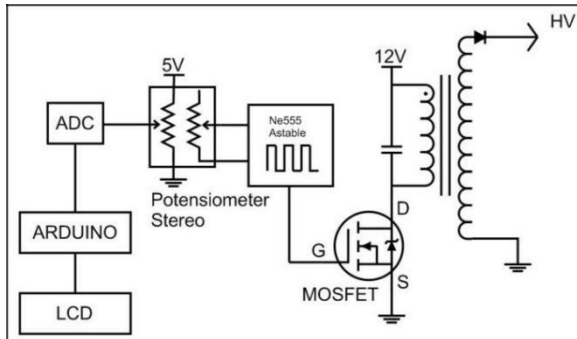


**Gambar 3.8** Rangkaian Motor Stepper Pompa Syringe

Pada Gambar 3.8 dapat dilihat bahwa rangkaian motor stepper untuk pompa syringe membutuhkan Arduino dan Driver a4988. selain itu dibutuhkan sumber tegangan DC 12V untuk menggerakkan motor stepper.

### **3.5 High Voltage DC**

Pada pemanfaatan *High Voltage DC*, alat yang akan digunakan adalah sebuah Catu Daya DC bertegangan tinggi. Rangkaian pemanfaatan dari HV DC juga dapat dilihat pada Gambar 3.9.

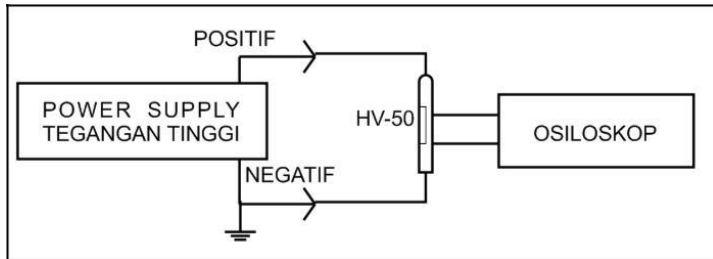


**Gambar 3.9** Rangkaian Pemanfaatan *High Voltage* DC

Pada gambar 3.9 merupakan rangkaian pemanfaatan *HV DC*. Alat tersebut akan diukur besar tegangan keluarannya dan disajikan dalam tampilan LCD.

### 3.6 Pengambilan Data *High Voltage* DC

Pada pengambilan data *HV DC* tidak bisa dilakukan secara langsung, karena osiloskop maupun multimeter sebagai alat ukurnya sendiri tidak dapat mengukur tegangan dalam range kiloVolt. Karena itu diperlukan Probe HV-50 Sanwa untuk pembagi tegangan dalam melakukan pengukuran, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10.



**Gambar 3.10** Rangkaian Pengukuran HV DC

Gambar 3.10 merupakan rangkaian pengukuran tegangan menggunakan osiloskop dan probe HV. Probe ini akan memberikan perbandingan tegangan pengukuran sebesar 1:1000. Selain itu hal lain yang harus diperhatikan demi kepentingan keselamatan kerja adalah harus selalu dekat dengan ground. Dan saat selesai pengambilan data, harus dihubungkan antara kutub positif dan negatif pada HV DC agar terjadi pengosongan muatan.

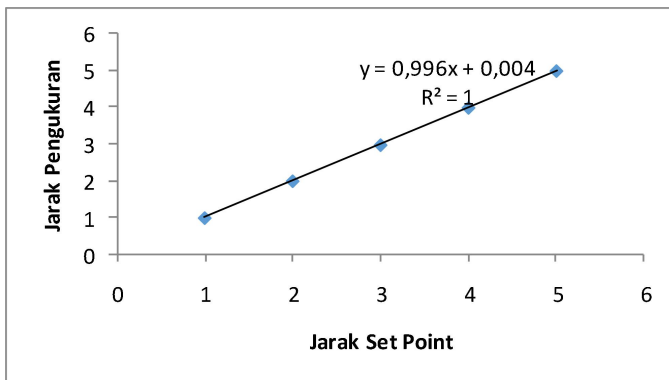
“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kalibrasi Jarak Pendorong Pompa Syringe

Kalibrasi jarak pendorong yang dilakukan oleh pompa syringe yaitu dengan cara pengambilan data variasi pemberian perintah jarak pada pompa syringe. Nilai tersebut nantinya akan dibandingkan terhadap nilai aktual yang dilakukan oleh alat. Hasil pengukuran jarak pendorong pada pompa syringe pada satu kecepatan yang sama yaitu 100ml/jam disajikan dalam Gambar 4.1.



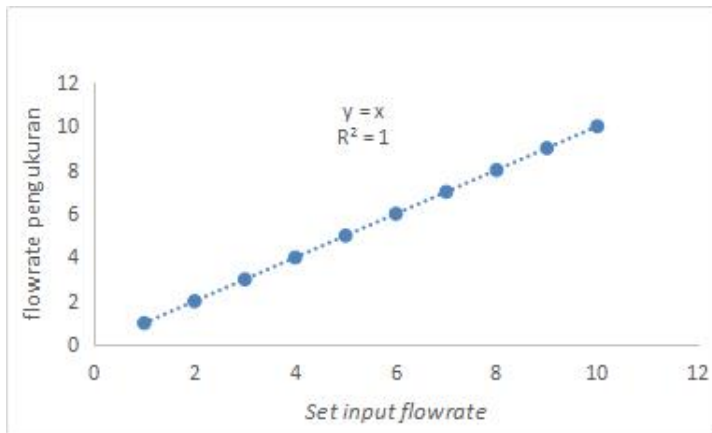
**Gambar 4.1** Grafik Kalibrasi Jarak

Gambar 4.1 merupakan grafik kalibrasi alat yang didapatkan dari hasil data pada Lampiran 4. Pada hasil data didapatkan nilai rata – rata jumlah step per satu centimeternya. Jumlah tersebut berbeda dari apa yang didapatkan pada hasil perhitungan yaitu 25600 step/cm. Adanya perbedaan ini dikarenakan hasil perhitungan merupakan asumsi bahwa kondisi fisis dari komponen sempurna dan presisi.

Pada Gambar 4.1 menunjukkan grafik tersebut memiliki regresi linier sebesar 1 yang artinya sudah cukup baik. Salah satu faktor yang mempengaruhi perbedaan nilai perhitungan dan pengukuran secara langsung adalah seperti jarak antar ujung drat besi ulir yang pada kenyataannya tidak semuanya tepat sebesar 1.25mm. Kemudian sudut dari besi ulir terhadap motor stepper tidak tepat 90°, serta posisi antar komponen kerangka yang tidak benar – benar siku – siku dan paralel antara satu dengan yang lainnya. Hal lain yang dapat mempengaruhi nilai hasil pengukuran adalah akibat beban yang diberikan kepada motor mempengaruhi besarnya torsi yang dikeluarkan. Nilai rata – rata diatas kemudian digunakan untuk mengkalibrasi alat dengan memasukkan nilai tersebut pada koding. Setelah itu baru dapat dilakukan proses pengambilan data berikutnya.

#### **4.2 Kalibrasi Pompa Syringe**

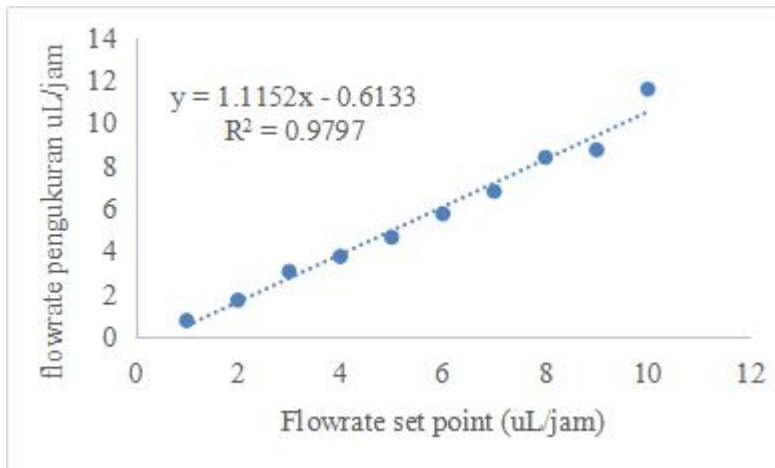
Dalam kalibrasi pompa syringe akan dilakukan pengaturan keluaran *flowrate*. Hal ini dilakukan dengan set input *flowrate* dari 1 ml/jam hingga 10 ml/jam pada pompa syringe. Kemudian setelah satu jam diukur volume cairan yang telah dikeluarkan oleh pompa syringe dan dibandingkan dengan set point yang dibutuhkan. Grafik yang dihasilkan dari hubungan antara set input *flowrate* dengan *flowrate* hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Kalibrasi *Flowrate*(ml/jam)

Gambar 4.2 diatas merupakan grafik hasil kalibrasi nilai *flowrate* yang didapatkan pada Lampiran 5. Pada gambar menunjukkan grafik hasil pengukuran memiliki data dengan nilai regresi  $R^2$  sebesar 1, yang menunjukkan bahwa tingkat liniernya baik dan sesuai. Setelah dibandingkan, maka dari pengukuran diatas dapat diketahui error dari percobaan *flowrate*.

Setelah itu juga dilakukan pengambilan data untuk *flowrate* dari range 1  $\mu\text{L}/\text{jam}$  hingga 10  $\mu\text{L}/\text{jam}$ . Yaitu dengan cara memberikan set point dari 1 hingga 10  $\mu\text{L}/\text{jam}$  pada pompa syringe berisi air dan dilakukan pengukuran volume air yang keluar setelah satu jam. Hasil dari pengambilan data disajikan dalam Gambar 4.3.

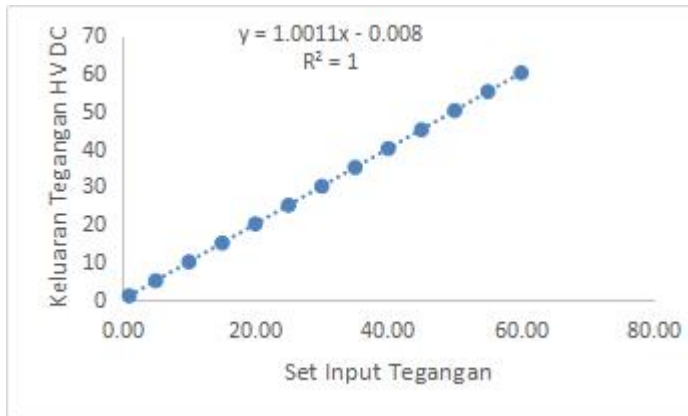


**Gambar 4.3** Grafik Pengukuran *flowrate*  $\mu\text{L/jam}$

Gambar 4.3 merupakan grafik pengukuran *flowrate* untuk orde  $\mu\text{L/jam}$  dari hasil yang didapatkan pada Lampiran 6. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada beberapa data terlihat tidak linier secara sempurna karena memang tidak terlalu sesuai dengan set point yang diberikan. Hal ini karena pada pengukuran berorde mikroliter sendiri dibutuhkan jarum keluaran yang lebih sensitif terhadap dorongan pompa syringe sehingga cairan air yang keluar akan lebih sesuai. Namun untuk nilai regresi liniernya sudah memberikan nilai 0,9797 yang berarti datanya termasuk baik. Pada saat pengambilan data, volume air yang keluar setiap satu jam akan dibandingkan dengan set point yang diberikan. Namun karena adanya kesulitan dalam pengukuran volume berorde  $\mu\text{L}$ , maka pengukuran dilakukan dengan mengukur massa air yang keluar. Massa tersebut akan dibagi dengan massa jenis sebesar  $1\text{g/cm}^3$  sehingga didapatkan nilai volumenya.

### 4.3 Kalibrasi *High Voltage DC*

Hasil pengukuran *HV DC* yang didapatkan pada Lampiran 7 disajikan dalam grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Grafik Pengambilan Data *HV DC*

Pada Gambar 4.4, grafik yang diambil merupakan plot nilai rata - rata dari hasil pengulangan variasi. Dari data dan grafik yang diperoleh telah diketahui bahwa alat *HV DC* telah dapat memberikan keluaran tegangan cukup sesuai dengan yang diharapkan. Pada grafik juga didapatkan regresi linier sebesar 1 yang berarti data yang dihasilkan telah cukup sesuai dengan hasil perhitungan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa :

1. Hasil rancang bangun electrospinning berhasil dibuat dengan merancang komponen berupa *High Voltage DC*, pompa syringe, penggerak nozzle, dan kolektor.
2. Pompa Syringe berbasis Arduino Pro Mini dapat bekerja dengan baik dalam rentang *flowrate* 1 $\mu$ L/jam - 10 mL/jam.
3. Hasil pemanfaatan *High Voltage DC* dapat menghasilkan tegangan dari rentang 1KV hingga 60KV dengan range sebesar 1KV

#### **5.2 Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Kerangka luar dari electrospinning sebaiknya digunakan bahan yang tidak konduktif agar tidak mempengaruhi proses pembangkitan elektrostatis.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## DAFTAR PUSTAKA

- Anton, F., 1934. Process and apparatus for preparing artificial threads. 1975504.
- Baumgarten, P.K., 1971. Electrostatic spinning of acrylic microfibers. *J. Colloid Interface Sci.* 36, 71–79.
- Bhardwaj, N., Kundu, S.C., 2010. Electrospinning: a fascinating fiber fabrication technique. *Biotechnol. Adv.* 28, 325–347.
- Borra, J.P., Camelot, D., Chou, K.-L., Kooyman, P.J., Marijnissen, J.C.M., Scarlett, B., 1999. Bipolar coagulation for powder production: micro-mixing inside droplets. *J. Aerosol Sci.* 30, 945–958.
- Craggs, J.D., Meek, J.M., 1954. High voltage laboratory technique.
- Doshi, J., Reneker, D.H., 1995. Electrospinning process and applications of electrospun fibers. *J. Electrostat.* 35, 151–160.
- Dülcks, T., Juraschek, R., 1999. Electrospray as an ionisation method for mass spectrometry. *J. Aerosol Sci.* 30, 927–943.
- Kleitz, William. 1997. *Digital Microprocessor Fundamentals: Theory and Applications*, Prentice-Hall International.
- Maas, James, *Industrial Electronics*, Prentice-Hall International.
- Liang, D., Hsiao, B.S., Chu, B., 2007. Functional electrospun nanofibrous scaffolds for biomedical applications. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 59, 1392–1412.
- ORTEC, 1991, *Operating and Service Manual of Low Voltage DC Power Supply*, USA.
- Rinard, P.M., Adams, E.L., Painter, J., 1993. *Los Alamos waste drum shufflers users manual*. Los Alamos National Lab., NM (United States).
- Shi, X., Zhou, W., Ma, D., Ma, Q., Bridges, D., Ma, Y., Hu, A.,

2015. Electrospinning of nanofibers and their applications for energy devices. *J. Nanomater.* 16, 122.
- Sill, T.J., von Recum, H.A., 2008. Electrospinning: applications in drug delivery and tissue engineering. *Biomaterials* 29, 1989–2006.
- Spurny, K. and Marijnissen, J. Nicolai Albertowich Fuchs, 1998, pioneer of aerosols. Delft: Delft University Press.
- Taylor, G., 1969. Electrically driven jets, in: *Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. The Royal Society, pp. 453–475.
- Technical Associates, 1988, High Voltage DC Power Supply. USA.
- Tucker, Nick, 2012, *The History of the Science and Technology of Electrospinning from 1600 to 1995*. The New Zealand Institute for Plant & Food Research Limited, Canterbury Agriculture and Science Centre, Canterbury NEW ZEALAND
- Yördem, O.S., Papila, M., Menceloğlu, Y.Z., 2008. Effects of electrospinning parameters on polyacrylonitrile nanofiber diameter: An investigation by response surface methodology. *Mater. Des.* 29, 34–44.

## LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1 : PROGRAM ARDUINO

```
#include <SoftwareSerial.h>

// mililiter per detik, maksimal 100ml/det,delay mikrosekon

float kec = 10; //kecepatan maju ml/jam

float kecmundur = 10; // kecepatan mundur ml/jam

int prevbtnminus = 0;

int prevbtnplus = 0 ;

int prevbtnstart = 0;

int mode = 0;

unsigned long delayhitung = 0;

unsigned long delayhitungmundur = 0;

float panjang = 1.5; //cm seberapa jauh maju 1.5cm=10ml

unsigned long stephitung = 0;

float coba;

float delaylagi;

float delaymundurlagi;

void setup() {
```

```
pinMode(A0, INPUT);
```

```
pinMode(A1, INPUT);
```

```
pinMode(6, OUTPUT); //Enable
```

```
pinMode(5, OUTPUT); //Step
```

```
pinMode(4, OUTPUT); //Direction
```

```
digitalWrite(6,LOW);
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
if(mode%4==0){
```

```
    int analog = analogRead(A0);
```

```
    if (analog>=500 && prevbtnplus == 0){
```

```
        kec = kec + 1;
```

```
    }
```

```
prevbtnplus=analog;
```

```
if (analog<=500 && analog>=100 && prevbtnminus == 0){
```

```
    kec = kec - 1;
```

```
}
```

```
prevbtnminus=analog;
```

```
if(kec<=0.1){
```

```
    kec = 0.1;
```

```
}
```

```
if(kec>=1000000000){
```

```
    kec = 1000000000;
```

```
}
```

```
if (digitalRead(A1)==HIGH && prevbtnstart == 0){
```

```
    mode = mode + 1;
```

```
}
```

```
prevbtnstart==digitalRead(A1);
```

```

    delayhitung = 3600/(2*kec*25600*0.15)*pow(10,
3)*pow(10, 3);

    delayhitungmundur =
3600/(2*kecmundur*256000*0.15)*pow(10, 3)*pow(10, 3);

    stephitung = 25600*panjang;

    coba = ((2.00*stephitung/1000.00)*delayhitung);

    delaylagi = (delayhitung/1000);

    delaymundurlagi = (delayhitungmundur/1000);

    Serial.print(kec);

    Serial.print(" ");

    Serial.print(stephitung);

    Serial.print(" ");

    Serial.print(delayhitung);

    Serial.print(" ");

    Serial.print(delaylagi);

    Serial.print(" ");

    Serial.println(coba);

}

if(mode%4==1){

```

```

//stepper jalan maju
Serial.println("Runningg.....");
Serial.print (kec); Serial.print(" ");
Serial.print (stephitung); Serial.print(" ");
Serial.print (delayhitung); Serial.print(" ");
Serial.println(coba);
digitalWrite(4,LOW);

for(unsigned long Index = 0; Index < stephitung;
Index=Index+1)
{
    digitalWrite(5,HIGH);
    delay (delayhitung);
    digitalWrite(5,LOW);
    delay (delayhitung);
}
mode = mode + 1;
}
if(mode%4==2){
    Serial.println("DONE !!!!!");
}

```

```

    if (digitalRead(A1)==HIGH && prevbtnstart == 0){
        mode = mode + 1;
    }
    prevbtnstart==digitalRead(A1);
}
if(mode%4==3){
    //stepper jalan mundur
    Serial.println("Mundur....");
    digitalWrite(4,HIGH);

    for(unsigned long Index = 0; Index < stephitung;
Index=Index+1)
    {
        digitalWrite(5,HIGH);
        delay(delayhitungmundur);
        digitalWrite(5,LOW);
        delay(delayhitungmundur);
    }
    mode=mode+1;
}

```



}

**Lampiran 2 : Data Kalibrasi Jarak dan *Flowrate***

Tabel 1 Kalibrasi Jarak

No	Set Input Jarak (cm)	step	Jarak awal (cm)	Jarak akhir (cm)	Jarak Dorongan (cm)	step/cm
1	1	25600	753	854	1,01	25346,53465
2	1	25600	753	853	1	25600
3	1	25600	753	853	1	25600
4	1	25600	753	853	1	25600
5	1	25600	753	853	1	25600
6	2	51200	750	950	2	25600
7	2	51200	750	950	2	25600
8	2	51200	750	950	2	25600
9	2	51200	750	950	2	25600
10	2	51200	750	951	2,01	25472,63682
11	3	76800	750	1047	2,97	25858,58586

12	3	76800	750	1047	2,97	25858,58586
13	3	76800	750	1048	2,98	25771,81208
14	3	76800	750	1048	2,98	25771,81208
15	3	76800	750	1050	3	25600
16	4	102400	750	1150	4	25600
17	4	102400	750	1150	4	25600
18	4	102400	750	1148	3,98	25728,64322
19	4	102400	750	1149	3,99	25664,1604
20	4	102400	750	1148	3,98	25728,64322
21	5	128000	750	1250	5	25600
22	5	128000	750	1249	4,99	25651,30261
23	5	128000	750	1248	4,98	25702,81124
24	5	128000	750	1248	4,98	25702,81124
25	5	128000	750	1249	4,99	25651,30261

Tabel 2 Kalibrasi *Flowrate* (mililiter/jam)

No	Set Point ( ml / jam )	Start Time	End Time	Volume (ml)	Flowrate yang dihasilkan
1	1	16:22	17:22	1	1
2	1	17:41	18:41	1	1
3	2	19:00	20:00	2	2
4	2	20:19	21:19	2	2
5	3	21:38	22:38	3	3
6	3	22:57	23:57	3	3
7	4	0:16	1:16	4	4
8	4	1:35	2:35	4	4
9	5	2:54	3:54	5	5
10	5	4:13	5:13	5	5
11	6	5:32	6:32	6	6
12	6	6:51	7:51	6	6

13	7	8:10	9:10	7	7
14	7	9:29	10:29	7	7
15	8	10:48	11:48	8	8
16	8	12:07	13:07	8	8
17	9	13:26	14:26	9	9
18	9	14:45	15:45	9	9
19	10	16:04	17:04	10	10
20	10	17:23	18:23	10	10

Tabel 3 Kalibrasi *Flowrate* (mikroliter/jam)

No	Set Point (ul/jam)	Start Time	End Time	m air (mg)	Volume (ul)	Flowrate yang dihasilkan (ul/jam)
1	1	15:45	16:45	0,80	0,80	0,80
2	1	17:41	18:41	0,70	0,70	0,70

3	2	19:37	20:37	1,60	1,60	1,60
4	2	21:33	22:33	1,80	1,80	1,80
5	3	23:29	0:29	3,10	3,10	3,10
6	3	1:25	2:25	3,00	3,00	3,00
7	4	3:21	4:21	3,70	3,70	3,70
8	4	5:17	6:17	3,80	3,80	3,80
9	5	7:13	8:13	4,70	4,70	4,70
10	5	9:09	10:09	4,60	4,60	4,60
11	6	11:05	12:05	5,80	5,80	5,80
12	6	13:01	14:01	5,70	5,70	5,70
13	7	14:57	15:57	6,70	6,70	6,70
14	7	16:53	17:53	6,90	6,90	6,90
15	8	18:49	19:49	8,30	8,30	8,30
16	8	20:45	21:45	8,50	8,50	8,50
17	9	22:41	23:41	8,80	8,80	8,80
18	9	0:37	1:37	8,70	8,70	8,70

19	10	2:33	3:33	12,10	12,10	12,10
20	10	4:29	5:29	11,10	11,10	11,10

### Lampiran 3. Data Pengukuran *High Voltage* DC

No	Set Input Tegangan (kV)	Tegangan Pengukuran (kV)				
		1	2	3	4	5
1	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4
5	5	5,00	5,02	5,00	5,01	5,00
6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9,1	9	9	9
10	10	10,00	10,00	10,00	10,00	10,10

11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12,1	12
13	13	13	13	13	13	13,1
14	14	14	14	14,1	14,1	14
15	15	15,00	15,00	15,00	14,90	15,00
16	16	15,9	16	16	16,1	16
17	17	17	17,2	17,1	17	17,2
18	18	18,1	18,1	18	18,1	18,1
19	19	19	19,1	19,1	19,2	19,2
20	20	20,10	20,10	19,90	20,00	20,20
21	21	21,1	21,1	21,1	21	21,2
22	22	22	22	22,1	22,2	22,1
23	23	23	23,1	23,1	23	23,2
24	24	24,2	24	24	24	24
25	25	25,00	24,80	25,00	25,00	25,20
26	26	26	26	26	26	26

27	27	27,2	27,2	27,2	27	27
28	28	28	28,1	28,2	28,3	28
29	29	29,2	29,1	29	29	29
30	30	30,10	30,00	30,00	30,00	30,00
31	31	31	31	31,1	31,2	31
32	32	32	32	32,1	32,3	32,2
33	33	33	33	33,1	33	33
34	34	34	34	34,2	34,1	34
35	35	35,00	35,00	35,10	35,00	35,00
36	36	36,2	36,1	36	36	36,2
37	37	37,2	37	37,3	37	37,1
38	38	38,2	38	38	38	38
39	39	39,2	39	39,1	39	39,1
40	40	40,00	40,00	40,00	40,00	40,10
41	41	41	41,2	41,1	41,2	41,1
42	42	42	42,2	42,1	42	42,2



43	43	43	43	43,1	43	43
44	44	44	44,1	44,2	44	44
45	45	45,00	45,00	45,00	45,00	44,90
46	46	46,1	46	46	46,3	46
47	47	47,1	47	47,3	47	47
48	48	48,1	48,3	48,1	48,2	48
49	49	49,2	49,1	49	49,2	49,3
50	50,00	50,00	50,00	50,10	50,00	50,20
51	55	55,10	55,20	55,20	55,00	55,10
52	60	60,00	60,10	60,20	60,00	60,10

#### Lampiran 4. Rata - Rata Pengukuran Jarak

No.	Set Input Jarak (cm)	Jumlah Step	Jarak pengukuran (cm)	Step/cm
1	1	25600	1,002	25548,90
2	2	51200	2,002	25574,52
3	3	76800	2,980	25772,15
4	4	102400	3,990	25664,28
5	5	128000	4,990	25661,64
Rata – Rata				25644,38

#### Lampiran 5. Rata - Rata Data *Flow Rate* (ml/jam)

No	Set Point (ml/jam)	Start Time	End Time	Flowrate yang dihasilkan (ml/jam)
1	1	12:50	13:50	1
2	2	15:02	16:02	2
3	3	18:23	19:23	3
4	4	21:04	22:04	4
5	5	00:12	01:12	5
6	6	03:33	04:33	6

7	7	06:22	07:22	7
8	8	09:14	10:14	8
9	9	12:24	13:24	9
10	10	15:11	16:11	10

#### Lampiran 6. Rata - Rata Data *Flow Rate* $\mu\text{L}$

No	Set Point ( $\mu\text{ L/jam}$ )	Durasi	Flowrate yang dihasilkan ( $\mu\text{ L/jam}$ )
1	1	60 menit	0,75
2	2	60 menit	1,7
3	3	60 menit	3,05
4	4	60 menit	3,75
5	5	60 menit	4,65
6	6	60 menit	5,75
7	7	60 menit	6,8

8	8	60 menit	8,4
9	9	60 menit	8,75
10	10	60 menit	11,6

### Lampiran 7. Rata - Rata Data *HV DC*

No	Set Input	Tegangan Pengukuran (kV)				
	Tegangan (kV)	1	2	3	4	5
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01
2	5,00	5,00	5,02	5,00	5,01	5,00
3	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,10
4	15,00	15,00	15,00	15,00	14,90	15,00
5	20,00	20,10	20,10	19,90	20,00	20,20
6	25,00	25,00	24,80	25,00	25,00	25,20
7	30,00	30,10	30,00	30,00	30,00	30,00
8	35,00	35,00	35,00	35,10	35,00	35,00

9	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,10
10	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	44,90
11	50,00	50,00	50,00	50,10	50,00	50,20
12	55,00	55,10	55,20	55,20	55,00	55,10
13	60,00	60,00	60,10	60,20	60,00	60,10



## BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis yaitu Aditya Muhammad Wicaksono, dengan nama panggilan Adit. Penulis dilahirkan di Bojonegoro, 22 Februari 1994, merupakan anak kedua dari 2 bersudara. Ayah penulis bernama Nanang Rochul Akbar dan ibu bernama Watini. Saat ini penulis tinggal di RT 003 RW 004 Ds. Wonocolo Kecamatan Taman

Kabupaten Sidoarjo. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Aisyah Kalijaten Sidoarjo, SDN Geluran I Sidoarjo, SMPN 1 Taman Sidoarjo, dan SMAN 9 Surabaya. Setelah lulus dari SMAN pada tahun 2012 penulis mengikuti SNMPTN-Tulis dan diterima di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di ITS dan terdaftar dengan NRP 01111240000088. Di departemen Fisika ini penulis mengambil bidang studi instrumentasi dan elektronika. Penulis sempat aktif di BEM FMIPA ITS dan sering mengikuti kepanitiaan tingkat kampus. Untuk saran dan kritik atau ingin bertukar pikiran tentang tugas akhir ini bisa menghubungi email penulis.

[adityawicaksn@gmail.com](mailto:adityawicaksn@gmail.com)

